



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 653 741 A5

⑤① Int. Cl.⁴: E 21 B 43/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 8336/80

⑦③ Inhaber:
Elektra Energy AG, Zürich

㉔ Anmeldungsdatum: 10.11.1980

⑦② Erfinder:
Savery, Winsor, The Woodlands/TX (US)
Heim, Werner, Zollikon
Wolf, Fritz, Zollikoberberg

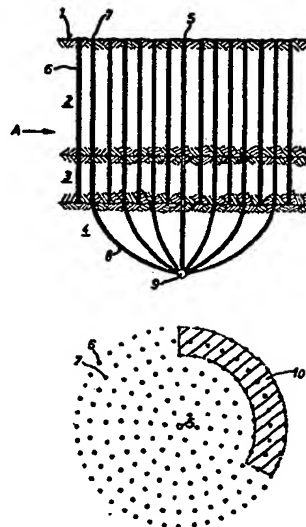
㉔ Patent erteilt: 15.01.1986

⑦④ Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.01.1986

⑤④ Verfahren zur Gewinnung von Erdöl aus Oelschiefer oder Oelsand.

⑤⑦ Um ein erstes Bohrloch (5) wird in einem mehrere Kreise aufweisenden Muster eine Mehrzahl zweiter Bohrlöcher (6) durch die Erdöl führenden Schichten (3) bis zur Erdöl freien Schicht (4) gebohrt. Ein weiteres Muster dritter Bohrlöcher (7) wird ebenfalls in kreisförmiger Anordnung durch die Erdöl führenden Schichten (3) gebohrt, an welchen dritten Bohrlochern (7) Ablaufkanäle (8) anschliessen, die bis zu einer Sammelkammer (9) verlaufen. Durch in diesen zweiten Bohrlochern (6) angeordnete Elektroden werden die Erdölschichten vorgewärmt und darauf wird durch dieselben Bohrlöcher (6) Dampf eingebracht, um Erdöl gegen die dritten Bohrlöcher (7) zu treiben. Von den dritten Bohrlochern (7) wird ein Lösungsmittel in die Erdölansammlung eingebracht, und durch Einbringen von Dampf von den zweiten Bohrlochern (6) her das durch das Lösungsmittel fließfähig gemachte Erdöl gegen die dritten Bohrlöcher (7) getrieben, ehe es in die Sammelkammer (9) strömt, um daraus durch das erste Bohrloch (5) hindurch herausgepumpt zu werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Gewinnung von Erdöl von einem Abschnitt eines Ölfeldes, das Schichten (3) Ölschiefer oder Ölsand enthält, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein erstes Bohrloch (5) durch die Erdöl führenden Schichten (3) hinunter bis in die darunterliegende, erdölfreie Schicht (4) gebohrt wird,

- der untere, in der erdölfreien Schicht (4) gelegene Abschnitt des ersten Bohrloches (5) erweitert wird, um eine Sammelkammer (9) zu bilden,

- neben dem ersten Bohrloch (5) eine Mehrzahl zweiter Bohrlöcher (6) durch die Erdöl führenden Schichten (3) in einem das erste Bohrloch (5) umgebenden Muster gebohrt werden,

- bei zwischen den zweiten Bohrlöchern (6) gelegenen Stellen eine Mehrzahl dritter Bohrlöcher (7) durch die Erdöl führenden Schichten (3) in einem das erste Bohrloch (5) umgebenden Muster gebohrt werden, wobei jedes dritte Bohrloch (7) von einem zur Sammelkammer (9) führenden Ablaufkanal (8) gefolgt ist,

- ein Abschnitt der zwischen den zweiten (6) und dritten Bohrlöchern (7) gelegenen Erdöl führenden Schichten (3) mittels Radiofrequenzwellen oder einer elektrischen Widerstandserwärmung vorgewärmt wird,

- ausgehend von den zweiten Bohrlöchern (6) Druck mit gleichzeitiger Ausübung einer weiteren Erwärmung angelegt wird, womit dadurch fließfähig gemachtes Erdöl gegen die dritten Bohrlöcher (7) gefördert wird, um darin durch die Ablaufkanäle (8) und die Sammelkammer (9) zu strömen, um daraus durch das erste Bohrloch (5) hindurch entnommen zu werden,

- darauf das Ausüben von Wärme und Druck beendet wird und die Schichten (3) Ölschiefer oder Ölsand wiederholt einem Spülen ausgesetzt werden, um weiteres Erdöl zu entnehmen,

- der ausgebeutete Abschnitt der Schichten (3) mit einem Schaumstoff gefüllt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorwärmen mittels eines Anlegens von Radiofrequenzwellen durchgeführt wird, die durch eine in jedem zweiten Bohrloch (6) angeordnete Anordnung (14) zum Erzeugen von Radiofrequenzwellen erzeugt werden, wobei dem neben der Anordnung zum Erzeugen von Radiofrequenzwellen und diese umgebenden Abschnitt der Schichten (3) ein Kühlfluid zugeführt wird, um ein örtliches Überhitzen und folgliches Verkoken von Erdöl zu vermeiden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckverteilung innerhalb der Schichten (3) laufend überwacht wird, und dass die Angriffsstellen des Druckes entsprechend der Messwerte geändert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachen der Druckverteilung in den Schichten (3) durchgeführt wird, indem die in jedem der dritten Bohrlöcher (7) vorherrschende Temperatur gemessen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anlegen von Druck mit gleichzeitiger Erwärmung mittels Dampf durchgeführt wird, der in die zweiten Bohrlöcher (6) eingebracht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Spülen ein Lösungsmittel für Erdöl von den dritten Bohrlöchern (7) bei einer Stelle über der darunterliegenden, erdölfreien Schicht (4) eingebracht wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Einbringen des Lösungsmittels periodisch durch ein weiteres Einbringen von Dampf von den zweiten Bohrlöchern (6) her unterbrochen wird, um weiteres fließfähiges Erdöl gegen die dritten Bohrlöcher (7) zu treiben.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei den zweiten Bohrlöchern (6) eine in vertikaler Richtung verlaufende Feuerfront (23) erzeugt wird, wobei die davon herrührenden Verbrennungsgase (25) den Druck mit gleichzeitiger Ausübung von Wärme erzeugen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilung des durch die Verbrennungsgase (25) erzeugten Druckes und der Temperatur durch ein ausgewähltes Einbringen von Verbrennungsluft (24) von den zweiten Bohrlöchern (6) her gesteuert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein örtliches Blockieren der Ausbreitung der Feuerfront (23) durch ein weiteres Anlegen von Radiofrequenzwellen überwunden wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Aufheben der Feuerfront (23) heisses Druckwasser in die Schichten (3) bei Stellen entlang der gesamten Längsausdehnung der zweiten Bohrlöcher (6) eingebracht wird, welches Wasser durch die von der Feuerfront (23) erzeugte Wärme weiter erwärmt wird, währenddem die zweiten (6) und dritten Bohrlöcher (7) bei der Erdoberfläche (1) geschlossen sind und die dritten Bohrlöcher (7) von ihren Ablaufkanälen (8) getrennt gehalten werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des eingebrachten Wassers mittels eines weiteren Erwärmens durch Radiofrequenzwellen auf einem Wert über 105°C gehalten wird, wobei alle Bohrlöcher geschlossen bleiben.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten (6) und dritten Bohrlöcher (7) in Verbindung mit den zuoberst gelegenen der Schichten (3) gebracht werden, und dass gleichzeitig die dritten Bohrlöcher (7) bei der Erdoberfläche (1) geöffnet und in Verbindung mit ihren Ablaufkanälen (8) gebracht werden, wobei die zweiten Bohrlöcher (6) bei der Erdoberfläche (1) geschlossen gehalten werden, derart, dass der in den obersten Schichten vorherrschende Druck aufgehoben und ein schlagartiges Verdampfen des überhitzten Wassers erzeugt wird, womit weiteres Erdöl freigesetzt und gegen die dritten Bohrlöcher (7) getrieben wird, um in die Sammelkammer (9) zu strömen, und dass die von Erdöl erschöpften Schichten mit einem Schaumstoff gefüllt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensschritte Druckentlastung, das schlagartige Verdampfen und das Einfüllen mit Schaumstoff wiederholt durchgeführt werden, wobei jeder Schritt bei einer benachbarten Stelle entlang der Bohrlöcher und somit in aufeinanderfolgend verschiedenen Erdöl führenden Schichten durchgeführt wird, ausgehend von den obersten Erdöl führenden Schichten und endend bei den untersten Erdöl führenden Schichten, die unmittelbar über der darunterliegenden, erdölfreien Schicht (4) gelegen sind.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während des Anlegens von Druck und gleichzeitiger Ausübung von Wärme die dritten Bohrlöcher (7) in Verbindung mit ihren jeweiligen Ablaufkanälen (8) gehalten und von den zweiten Bohrlöchern (6) her Dampf (17) in die Erdöl führenden Schichten (3) eingebracht wird, dass darauf die dritten Bohrlöcher (7) von den Ablaufkanälen (8) getrennt werden und zum Spülen ein Erdöl lösendes Mittel (19) von den dritten Bohrlöchern (7) her bei einer über der darunterliegenden, erdölfreien Schicht (4) gelegenen Stelle der Erdöl führenden Schichten (3) eingebracht wird, worauf von den zweiten Bohrlöchern (6) her weiterer Dampf (20) eingebracht wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Spülen, welches das Einbringen von Dampf (17), das Einbringen des Lösungsmittels (19) und das Einbringen wei-

teren Dampfes (20) umfasst, wiederholt durchgeführt wird, bis das Erdöl in den Erdöl führenden Schichten (3) aufgrund des wiederholten Spülens erschöpft ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Erdöl von einem Abschnitt eines Ölfeldes, das Schichten Ölschiefer oder Ölsand enthält. Erdöllagerstätten, die Ölschiefer enthalten, aus welchem das Kerogen gewonnen werden kann oder die Ölsand enthalten, aus welchem Bitumen gewonnen werden kann, weisen gemeinsam den Nachteil auf, dass kein natürlicher Gasdruck vorhanden ist, der die zu gewinnenden Stoffe gegen die Erdoberfläche treibt. Solche Erdöllagerstätten werden gegenwärtig bergmännisch abgebaut, und das Erdöl wird in von diesen Erdöllagerstätten entfernten Anlagen üblicherweise mittels eines Schwefelverfahrens gewonnen. Dieses Vorgehen ist sehr kostenaufwendig, insbesondere, weil das abgebaute Rohgestein von der jeweiligen Erdöllagerstätte zur Verarbeitungsanlage transportiert werden muss und darauf die ausgebeuteten Rückstände wieder zur Ablagerung zurück transportiert werden müssen, bzw. zu einem anderen Ort transportiert werden müssen.

Es sind schon mehrere Verfahren vorgeschlagen worden, mittels welchen das Entnehmen des Erdöles bei der Erdöllagerstätte selbst durchgeführt werden kann.

In der zwischenzeitlich abgelaufenen US-PS 2 757 738 ist vorgeschlagen, Abschnitte von Erdölfeldern mittels einer Erwärmung durch Radiofrequenzwellen zu erwärmen und damit das Erdöl zur Gewinnung fließfähig zu machen. Dieses vorgeschlagene Verfahren hat sich aber in der Praxis nicht durchgesetzt, weil die örtliche Erhitzung in der nächsten Umgebung der Elektroden zur Erzeugung der Radiofrequenzwellen derart hoch war, dass ein Verkoken des Erdöls auftrat.

In der US-PS 3 538 488 ist vorgeschlagen, Abschnitte von Erdölfeldern mittels eingebrachtem Dampf zu behandeln, um das Erdöl in dieser Weise fließfähig zu machen. Bei diesem Verfahren tritt jedoch oft die Erscheinung auf, dass der Dampf, dem Weg des geringsten Widerstandes folgend, von einem Bohrloch zu andern durchbläst, so dass nur ein sehr begrenzter Abschnitt der Erdöl führenden Schichten erwärmt wird. Dieses hat zur Folge, dass ein nur kleiner Prozentsatz des Erdöls ausgebeutet werden kann, weil die von den vom Dampf durchgeblasenen Kanäle entfernt liegenden Abschnitte der jeweiligen Erdöl führenden Schichten nicht erwärmt werden und somit ihre Erdölanteile nicht fließfähig werden. Diese Erscheinung des Durchblasens des Dampfes wird in der Fachwelt als «override» oder «fingering» bezeichnet.

In der US-PS 3 881 550 ist die Verwendung von Lösungsmitteln beschrieben, welche beim Ölfeld in billiger Weise hergestellt werden können und mittels welcher die Viskosität des Erdöls gesenkt werden kann. Gemäss der Offenbarung dieser Patentschrift werden die Lösungsmittel für Erdöl mit einer hohen Temperatur eingebracht, was zur Folge hat, dass sie auf den Ölschiefer- und Ölsandschichten aufliegen und somit kein vollständiges Vermischen und Lösen von Erdöl stattfindet.

Ziel der Erfindung ist, die angeführten Nachteile zu beheben.

Das erfindungsgemässe Verfahren zur Gewinnung von Erdöl aus einem Abschnitt eines Ölfeldes, das Schichten Ölschiefer oder Ölsand enthält, ist dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Bohrloch durch die Erdöl führenden Schichten hinunter bis in die darunterliegende, erdölfreie Schicht gebohrt wird, dass der untere, in der erdölfreien Schicht gelegene Abschnitt des ersten Bohrloches erweitert wird, um eine

Sammelkammer zu bilden; dass neben dem ersten Bohrloch eine Mehrzahl zweiter Bohrlöcher durch die Erdöl führenden Schichten in einem das erste Bohrloch umgebenden Muster gebohrt werden, dass bei zwischen den zweiten Bohrlöchern gelegenen Stellen eine Mehrzahl dritter Bohrlöcher durch die Erdöl führenden Schichten in einem das erste Bohrloch umgebenden Muster gebohrt werden, wobei jedes dritte Bohrloch von einem zur Sammelkammer führenden Ablaufkanal gefolgt ist, dass ein Abschnitt der zwischen den zweiten und dritten Bohrlöchern gelegenen Erdöl führenden Schichten mittels Radiofrequenzwellen oder einer elektrischen Widerstandserwärmung vorgewärmt wird, dass ausgehend von den zweiten Bohrlöchern Druck mit gleichzeitiger Ausübung einer weiteren Erwärmung angelegt wird, womit dadurch fließfähig gemachtes Erdöl gegen die dritten Bohrlöcher gefördert wird, um darin durch die Ablaufkanäle in die Sammelkammer zu strömen, um daraus durch das erste Bohrloch hindurch entnommen zu werden, dass darauf das Ausüben von Wärme und Druck beendet wird, um die Schichten Ölschiefer oder Ölsand wiederholt einem Spülen auszusetzen, um weiteres Erdöl zu entnehmen, und dass der ausgebeutete Abschnitt der Schichten mit einem Schaumstoff gefüllt wird.

Vorteilhaft kann das Anlegen von Druck mit gleichzeitiger Erwärmung mittels Dampf durchgeführt werden, der in die zweiten Bohrlöcher eingebracht werden kann.

Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausführung des Verfahrens wird bei den zweiten Bohrlöchern eine in vertikaler Richtung verlaufende Feuerfront erzeugt, wobei die davon herrührenden Verbrennungsgase den Druck mit gleichzeitiger Ausübung von Wärme erzeugen können.

Nachfolgend wird der Erfindungsgegenstand anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen vertikal verlaufenden Schnitt durch einen Abschnitt eines Ölschiefer oder Ölsand enthaltenden Erdölfeldes,

Fig. 2 eine Aufsicht auf das in der Fig. 1 gezeigte Ölfeld, Fig. 3 in vergrössertem Massstab die Einzelheit A der Fig. 1, wobei Elektroden zur Widerstandserwärmung des Abschnittes dargestellt sind,

Fig. 4 einen Schnitt gleich dem der Fig. 3, wobei das Einbringen von Dampf gezeigt ist,

Fig. 5 einen Schnitt gleich dem der Fig. 3, wobei das Einbringen von Lösungsmitteln dargestellt ist,

Fig. 6 eine Ansicht gleich der der Fig. 3, wobei das Mischen zwischen dem Erdöl und den Lösungsmitteln dargestellt ist,

Fig. 7 eine Ansicht gleich der Fig. 3, wobei das Abfließen des durch die Lösungsmittel gelösten Erdöls gezeigt ist,

Fig. 8 eine Ansicht gleich der Fig. 3, wobei das Wiederaufbringen von Dampf dargestellt ist,

Fig. 9 eine Ansicht gleich der Fig. 3, wobei die Verwendung einer Feuerfront dargestellt ist.

Es wird nun auf die Fig. 1 und 2 verwiesen. In der Fig. 1 ist ein lotrechter Schnitt durch ein Ölfeld gezeigt. Dabei ist die Erdoberfläche mit der Bezugsziffer 1 bezeichnet. Die Bezugsziffer 2 bezeichnet das sogenannte Obergestein, welches die zwischen der Erdoberfläche 1 und den Erdöl führenden Schichten 3 gelegene, kein Erdöl enthaltende Schicht bildet. Diese Schicht kann wenige Meter betragen. Unter dem Abschnitt 3 der Erdöl führenden Schichten ist dann die erdölfreie Schicht 4 dargestellt.

Im gewählten Abschnitt des Erdölfeldes wird zuerst in dessen Zentrum ein erstes Bohrloch 5 gebohrt, welches nachfolgend als Entnahmeloch 5 bezeichnet ist. Dieses Entnahmeloch 5 wird bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine Hochdruckwasserbohrtechnik gebohrt und verläuft durch die obere Schicht, das Obergestein 2, durch den Abschnitt 3 der Erdöl führenden Schichten bis in die erdölfreie Schicht 4 hin-

unter. Beim unteren Ende dieses Entnahmeloches 5 wird eine kavernenförmige Sammelkammer 9 wieder mittels des bekannten Hochdruckwasserbohrverfahrens ausgebildet. Der Durchmesser des Entnahmeloches 5 beträgt beispielsweise 25 cm und der Durchmesser der Sammelkammer 9 ungefähr 6 m. In dieser Sammelkammer 9 wird eine nicht näher dargestellte Pumpe angeordnet, mittels welcher die Sammelkammer 9 durch das Entnahmeloche 5 hindurch von den dort hineinströmenden und sich sammelnden Stoffen entleert wird.

Um das Entnahmeloche 5 herum wird darauf eine Mehrzahl zweiter Bohrlöcher 6 durch die Erdöl führenden Schichten 3 gebohrt, und dies gemäss der Fig. 2 in einem das Entnahmeloche 5 umgebenden Muster, welches beim vorliegenden Ausführungsbeispiel durch konzentrische Kreise beschrieben ist. Diese zweiten Bohrlöcher werden nachfolgend als Einbringlöcher 6 bezeichnet. Aus der Fig. 1 ist ersichtlich, dass diese lediglich bis zur unteren Grenze der Erdöl führenden Schichten 3 verlaufen und nicht in die erdölfreie Schicht 4 hineindringen. Der Durchmesser dieser Einbringlöcher 6 ist beispielsweise 10 cm, kann jedoch auch beträchtlich kleiner sein.

Darauf werden dritte Bohrlöcher 7 durch die Erdöl führenden Schichten 3 gebohrt. Diese sind wieder in einem das Entnahmeloche 5 umgebenden Muster angeordnet, wobei jedes dieser dritten Bohrlöcher 7 insofern zwischen den Einbringlöchern 6 angeordnet sind, indem sie ebenfalls entlang konzentrischer Kreislinien angeordnet sind, wie dies aus der Fig. 2 ersichtlich ist. Diese dritten Bohrlöcher 7 werden nachfolgend als Sammelöcher 7 bezeichnet. Diese Sammelöcher 7 sind jeweils von einem Ablaufkanal 8 gefolgt, der bis zur Sammelkammer 9 des Entnahmeloches 5 verläuft. Hierzu wird auf die Fig. 1 verwiesen, wobei zu bemerken ist, dass der gezeichnete Verlauf dieser Ablaufkanäle nur beispielsweise ist, sie können auch geradlinig sein und eine verhältnismässig scharfe Übergangsstelle zu den jeweiligen Sammelöchern 7 aufweisen. Der Durchmesser der Sammelöcher 7 ist derselbe wie derjenige der Einbringlöcher 6. Die horizontale Abmessung des mit dieser Vielzahl Bohrlöchern versehenen Erdölfeldes beträgt beispielsweise in jeder Richtung etwa 125 m, welche Strecke in der Fig. 2 dem Durchmesser der äussersten Kreislinie entspricht, welche durch die Einbringlöcher 6 beschrieben ist, die den grössten Abstand vom Entnahmeloche 5 aufweisen. Der Abstand zwischen den einzelnen Bohrlöchern, in radialer Richtung des zu bearbeitenden Ölfeldes gesehen, beträgt in diesem Ausführungsbeispiel etwa 20 m.

Es wird nun auf die Fig. 2 und 3 verwiesen. Das Verfahren wird jetzt auf einzelnen Ringabschnitten 10, siehe Fig. 2, des Ölfeldes durchgeführt. Ein solcher Ringabschnitt ist in radialer Richtung gesehen aussen und innen von je einer Folge Einbringlöchern 6 begrenzt, die auf zwei konzentrischen Kreisbogenabschnitten angeordnet sind, wobei dazwischen eine Folge Sammelöcher 7 ebenfalls entlang eines Kreisbogenabschnittes verlaufend angeordnet sind. Das Ölfeld wird Ringabschnitt für Ringabschnitt ausgebeutet, wobei jetzt schon erwähnt werden soll, dass ein jeweils vollständig ausgebeuteter Ringabschnitt 10 mittels eines Schaumstoffes gefüllt wird.

In der Fig. 3 ist die Einzelheit A der Fig. 1 in vergrössertem Massstab dargestellt, wobei der gezeigte Schnitt entlang einer Radiallinie der Fig. 2 durch den Ringabschnitt 10 verläuft.

In der Fig. 3 ist wieder die Erdoberfläche 1, die obere Schicht, das Obergestein 2, der Abschnitt der Erdöl führenden Schichten 3 sowie die darunter liegende, erdölfreie Schicht 4, gezeigt. Weiter sind zwei Einbringlöcher 6 gezeichnet, zwischen welchen ein Sammelloch 7 einschliesslich seines Ablaufkanals 8 angeordnet ist. Zum Durchführen des ersten Schrittes des Verfahrens werden in den Einbringlöchern

6 angeordnete Elektroden 14 verwendet, welche mit Speiseleitungen 15 versehen sind. Mittels dieser Elektroden 14 werden nun die Erdöl führenden Schichten 3 mittels Radiofrequenzwellen oder mittels elektrischer Widerstandsheizung erwärmt, um das Vorwärmen derselben durchzuführen. Um nun ein örtliches Überhitzen der Erdöl führenden Schichten 3 bei Bereichen unmittelbar neben den Einbringlöchern 6 zu verhindern, wird während des Erwärmens derselben durch die Einbringlöcher 6 gleichzeitig ein Kühlfluid eingebracht. Dadurch wird ein örtliches Verkoken des Erdöls verhindert. Durch dieses Vorwärmen kann ein Teil des Erdöls bereits fließfähig werden. Dieser Teil fließfähigen Erdöls strömt durch das Sammelloch 7 und den Ablaufkanal 8 hinunter in die Sammelkammer 9, aus welcher Sammelkammer 9 solches Erdöl durch das Entnahmeloche 5 mittels der nicht gezeigten Pumpe entnommen wird.

Der nächste Verfahrensschritt wird nun anhand der Fig. 4 erläutert. Diese Fig. 4 entspricht weitgehend der Fig. 3, wobei jedoch den Bohrlöchern zugeordnete Abschiessorgane schematisch dargestellt sind. Jedes Einbringloch 6 ist mit dem Einbringventil 11 versehen, welches beim oberen Ende des jeweiligen Einbringloches 6 angeordnet ist. Dabei muss bemerkt werden, dass die Einbringventile 11 nicht wie in der Zeichnung dargestellt unterhalb der Erdoberfläche 1 angeordnet sein müssen, sie können auch oberhalb der Erdoberfläche 1 in einem mit dem Einbringloch 6 verbundenen Rohrleitungsstutzen angeordnet sein. Dasselbe trifft auch für das Schliessventil 12 des Sammelloches 7 zu. Beim unteren Ende des Sammelloches 7 ist ein Ablaufventil 13 angeordnet, mittels welchem die Verbindung zwischen dem Sammelloch 7 und seinem Ablaufkanal 8 wahlweise unterbrochen bzw. hergestellt werden kann.

Nach erfolgtem Vorwärmen der Erdöl führenden Schicht 3 mittels beispielsweise Radiofrequenzwellen wird Dampf 16 jedem Einbringloch 6 zugeführt. Während der Zufuhr dieses Dampfes können die Radiofrequenzwellen weiterhin erzeugt werden, welches jedoch für das Verfahren nicht unbedingt notwendig ist. Aus den Einbringlöchern 6 dringt nun der Dampf wie mit den Pfeilen 17 bezeichnet ist, in die Erdöl führenden Schichten 3 ein. Es ist nun eingangs gesagt worden, dass es bei gemäss dem Stand der Technik vorgeschlagenen Verfahren auftritt, dass der eingebrachte Dampf 17, dem Weg des geringsten Widerstandes folgend, relativ direkt zum Sammelloch 7 strömt, so dass viele Teile der Schichten 3 umgangen werden, so dass sie dem Druck und der Temperatur des eingebrachten Dampfes 17 nicht ausgesetzt werden. Diese Erscheinung, «override» oder «fingering» genannt, wird gemäss dem vorliegenden Verfahren durch besondere Vorkehrungen verhindert. In jedem Sammelloch 7 ist ein Temperaturfühler 27 angeordnet. Sobald ein direktes Strömen von Dampf 16 von einem Einbringloch 6 zu einem Sammelloch 7 stattfindet, wird die dadurch im Sammelloch 7 entstehende schlagartige Temperaturerhöhung vom Temperaturfühler 27 wahrgenommen. Das Einbringen des Dampfes 17 von den Einbringlöchern 6 und die Austrittsrichtung des Dampfes 17 ist gesteuert. Tritt nun ein direktes Durchströmen von Dampf von den Einbringlöchern 6 zu den Sammelöchern 7 auf, welches vom Temperaturfühler 27 wahrgenommen wird, können die Eintrittsstellen des Dampfes 17 von den Einbringlöchern 6 in die Erdöl führenden Schichten 3 der dem Sammelloch 7 am nächsten gelegenen Einbringlöcher 6 geschlossen werden. Dabei ist es möglich, durch eine geeignete Auswahl der Stellen des Dampfeintrittes aus den Einbringlöchern 6 in die Erdöl führenden Schichten 3 auch die Richtung des aus den Einbringlöchern 6 austretenden Dampfes zu ändern. Durch dieses gesteuerte Einbringen des Dampfes 17 wird ein Dampfdurchbruch gegen die Sammelöcher 7 verunmöglich, was zur Folge hat, dass der in Frage stehende Abschnitt des

Ölfeldes gleichförmig und an allen Stellen erwärmt wird. Während des Einbringens des Dampfes 17 aus den Einbringlöchern 6 bleibt nun das Ablaufventil 13 beim unteren Ende des Sammelloches 7 geschlossen. Das fließfähig gemachte Erdöl sammelt sich folglich um das Sammelloch 7 an, dies vor allem, weil in oberen Schichten 3 vorhandenes fließfähig gemachtes Erdöl aufgrund der Schwerkraft offensichtlich nach unten strömt, mit der Folge, dass sich um jedes Sammelloch 7 eine kegelförmige Ansammlung 18 fließfähigen Erdöls ansammelt. Es ist nun insbesondere noch zu bemerken, dass Dampf vor allem bei gegen der erdölfreien Schicht 4 gelegenen unteren Abschnitten der zweiten Bohrlöcher 6 eingebracht wird, um insbesondere den unteren Abschnitt des Kegels 18 des fließfähigen Erdöls erwärmt zu halten.

Es wird nun auf die Fig. 5 verwiesen. In den Kegel 18 fließfähigen Erdöls wird vom unteren Bereich des Sammelloches 7 her ein Lösungsmittel für Erdöl, z.B. Dieselöl, eingebracht. Weil, wie oben erwähnt, insbesondere der untere Abschnitt des Kegels 18 warmgehalten ist, kann das Lösungsmittel verhältnismässig einfach aus dem Sammelloch 7 in den unteren Teil des Kegels 18 eintreten. Es ist nun wichtig zu bemerken, dass im Gegensatz zum Stand der Technik das eingebrachte Lösungsmittel kalt und nicht erwärmt ist. Das Lösungsmittel, das auch etwas dichter als das im Kegel 18 vorhandene fließfähige Erdöl ist, bildet unmittelbar nach dem Einbringen aus dem Sammelloch 7 eine Tasche 19 beim Basisbereich des Kegels 18. Von den Einbringlöchern 6 wird weiterhin Dampf eingebracht, wie dies mit den Pfeilen 20 bezeichnet ist, wobei im Gegensatz zum eingebrachten Dampf 17 der Fig. 4 dieser während des Einbringens des Lösungsmittels eingebrachte Dampf nur gegen einen unteren Abschnitt des Kegels 18 einwirkt. Somit werden Erdöl und Lösungsmittel im unteren Teil des Kegels 18 erwärmt und steigen in Richtung der Pfeile 21 gegen den Scheitel des Kegels auf, wobei ein Ausweiten des Scheitels des Kegels stattfindet, wie dies mit den Bezugswerten 22 in der Fig. 5 angedeutet ist.

Es wird nun auf die Fig. 6 verwiesen. Währenddem das Ablaufventil 13 des Sammelloches 7 immer noch geschlossen gehalten wird, und immer noch Dampf aufgebracht wird, vermischen sich die Lösungsmittel innig mit dem Erdöl des Kegels, wie dies mit den Pfeilen 21 angedeutet ist, so dass ein grösstmöglicher Mischungsgrad erzielt wird. Damit wird die Viskosität der Erdölteile um einen Faktor von 99% oder mehr gesenkt. Um das Durchmischen und Erwärmen weiter zu fördern, wird wieder auf die vollständige Höhe des Kegels Dampf 20 zum Einwirken gebracht, wie in der Fig. 6 gezeigt ist.

Der nächste Schritt ist in der Fig. 7 dargestellt. Der von den Einbringlöchern 6 einströmende Dampf 20 wird wieder lediglich gegen den unteren Abschnitt des vorgängigen Kegels 18 gelösten Erdöls zum Einwirken gebracht. Der Zweck ist, den oberen Bereich der Erdöl führenden Schichten abkühlen zu lassen, so dass ein Dichten gegen ungewollt ausströmenden Dampf (override) sichergestellt ist. Jedoch wird der untere Teil der Schichten beim Kegel 18 weiterhin mit eingebrachtem Dampf 20 erwärmt. Durch die erhöhte Temperatur zusammen mit den Folgen des Einbringens des Lösungsmittels wird ein gut fließfähiges Gemisch bzw. eine gut fließfähige Lösung entstanden sein. Nun wird bei geschlossen gehaltenem Schliessventil 12 des Sammelloches 7 dessen unteres Ablaufventil 13 geöffnet, somit ist die Verbindung zwischen Sammelloch 7 und Ablaufkanal hergestellt, so dass die Lösung in das Sammelloch 7 eintritt, durch den Ablaufkanal 8 in die Sammelkammer 9 hinunterströmt, von welcher Sammelkammer es dann durch das Entnahmeloch 5 hindurch ausgepumpt wird.

Damit ist grundlegend ein Arbeitsumlauf zum Gewinnen

des Erdöls beendet. Es wird nun auf die Fig. 8 verwiesen. Wieder wird durch eingebrachten Dampf 16, der in die Einbringlöcher 6 strömt, die Erdöl führenden Schichten 3 unter Druck gesetzt. Dabei wird zuerst ein Durchströmen von

Dampf von den Einbringlöchern 6 zum Sammelloch 7 stattfinden, und somit wird ein Austritt von Dampf aus den Einbringlöchern 6 bei Stellen neben der darunterliegenden erdölfreien Schicht 4 unterbunden. Jedoch wird ein Einströmen von Dampf im mittleren Bereich der Schichten 3 zugelassen, wie dies mit den Pfeilen 20 gezeigt ist. Somit entsteht nach einer gewissen Zeitspanne ein Durchströmen von Dampf von den Einbringlöchern 6 zum Sammelloch 7 im oberen Bereich der Erdöl führenden Schichten 3, wie dies mit dem Pfeil 29 gezeigt ist. Nachdem dieses aufgetreten ist, wird ein Austreten von Dampf aus den Einbringlöchern 6 im genannten oberen Bereich unterbunden und weiterhin lediglich im mit den Pfeilen 20 angedeuteten Bereich weiter Dampf eingebracht. Damit wird ein neuer, etwas kleinerer Kegel 28 Erdöl (einschliesslich gelöste Anteil, da offensichtlich auch ein Teil des Lösungsmittels in den Schichten verbleibt) gebildet, und die vorgängig beschriebenen Verfahrensschritte durchgeführt. Dieses wird mehrmals wiederholt, bis der gesamte Ringabschnitt (siehe Fig. 2) kein Erdöl mehr aufweist. Darauf wird durch die Bohrlöcher Schaumstoff in die vormals Erdöl führenden Schichten 3 eingebracht. Dieser dient dazu, den ausgebeuteten Teil gegen ein Strömen von Dampf, Erdöl usw. in einer nicht gewollten Richtung abzudichten. Somit wird ein Abschnitt nach dem anderen des Ölfeldes ausgebeutet, wobei der Betrieb vom radial äussersten Rand des fraglichen Abschnittes her gegen das Entnahmeloch verläuft.

In der Fig. 9 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei nicht mit Dampf gearbeitet wird. Hier wird das Verfahren mit Ausnützung einer Feuerfront verwendet. Bei den Einbringlöchern 6 wird in bekannter Weise eine in vertikaler Richtung verlaufende Feuerfront 23 erzeugt. Durch diese entstehen Verbrennungsgase 25; so dass wieder Druck und Temperatur auf die zu gewinnenden Erdölteile erzeugt wird, wobei wieder ein Kegel 26 fließfähigen Erdöls entsteht. Die Fortschritt- bzw. Ausbreitrichtung der Feuerfront 23 wird mittels Frischluft 24 gesteuert, wobei analog zum Verfahren mit Dampf die Eintrittsstellen von Frischluft aus dem Einbringloch 6 in die Erdöl führenden Schichten 3 sowohl auch die Eintrittsrichtung derselben wahlweise gesteuert wird, wozu wieder in den Sammelöchern 7 angeordnete (in der Fig. 9 nicht gezeigte) Temperaturfühler verwendet werden. Sollte ein örtliches Blockieren der Ausbreitung der Feuerfront 23 entstehen, wird der betreffende Bereich durch die früher erwähnte Radiofrequenzwellen-Erwärmung auf eine höhere Temperatur gebracht, um die Ausbreitung der Feuerfront 23 sicherzustellen. Nach Aufheben der Feuerfront 23 wird durch die Einbringlöcher 6 heisses Druckwasser in die Erdöl führenden Schichten 3 eingebracht. Dabei bleibt das Schliessventil 12 beim oberen Ende der jeweiligen dritten Bohrlöcher 7 sowie das entsprechende Ablaufventil 13 geschlossen. Nach der Sättigung der Erdöl führenden Schichten 3 mittels des Druckwassers wird auch das Einbringventil 11 der jeweiligen Einbringlöcher 6 geschlossen, wobei sich das heisse Druckwasser aufgrund der durch die Feuerfront entstandene Wärme in den Schichten 3 weiter erwärmt. Dabei ist es wichtig, dass die Temperatur des eingebrachten Wassers höher als ungefähr 105°C ist, wobei falls notwendig zum Erreichen dieses Zieles wieder ein weiteres Beheizen mit Radiofrequenzwellen durchgeführt wird.

Darauf wird das Schliessventil 12 und das Ablaufventil 13 des jeweiligen Sammelloches 7 zusammen geöffnet, wobei gleichzeitig eine Verbindung zwischen den Einbringlöchern 6 und einem Teil der Erdöl führenden Schichten 3 hergestellt wird, welcher Schichtteil in der Fig. 9 mit der Bezugswert 30

bezeichnet ist. Damit entsteht eine schlagartige Druckentlastung und offensichtlich ein schlagartiges Verdampfen des Wassers in diesem Schichtteil 30. Dadurch wird das Erdöl freigesetzt, und wird gegen das jeweilige Sammelloch 7 getrieben, durch welches es hinunter, durch den Ablaufkanal 8 zur Sammelkammer 9 strömt. Darauf wird der Abschnitteil 30 mit Schaumstoff gefüllt und ein schlagartiges Verdampfen im

nachfolgenden, unmittelbar darunterliegenden Schichtteil 31 durchgeführt. Dieses Verfahren wird schrittweise nach unten, gegen die erdölfreie Schicht 4 hin fortgeführt, bis der gesamte Erdölanteil ausgetrieben ist.

5 Auch dieses Verfahren wird Abschnitt 10 für Abschnitt 10 des jeweiligen Ölfeldes durchgeführt, um vollständig daraus Erdöl zu gewinnen.

Fig. 1

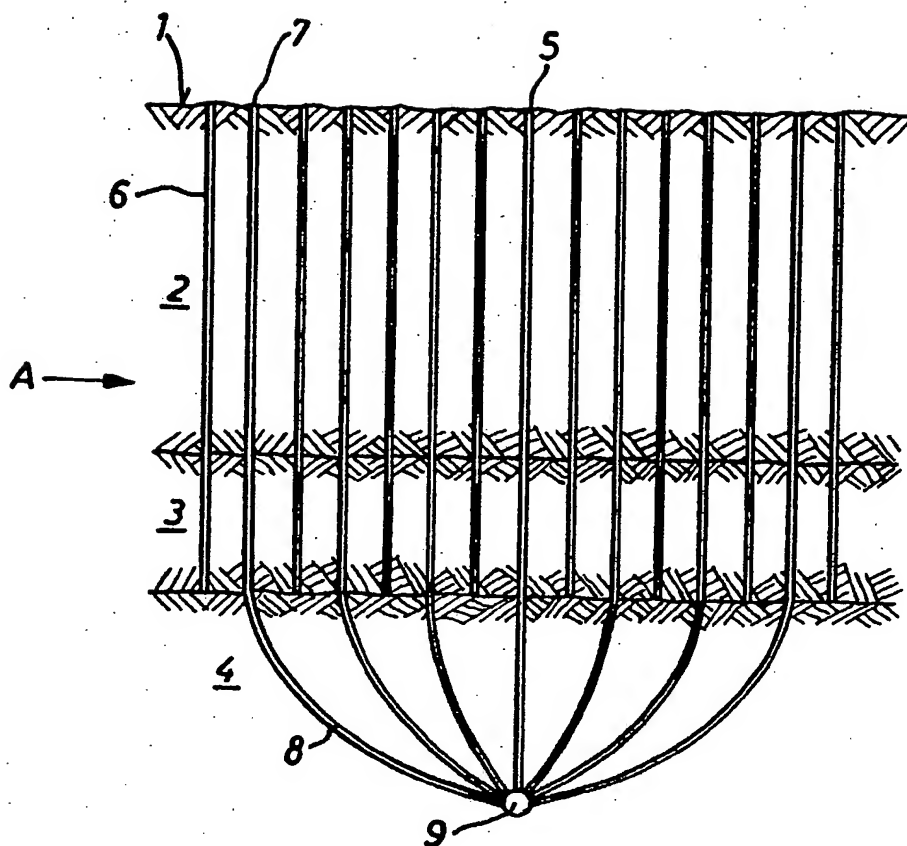


Fig. 2

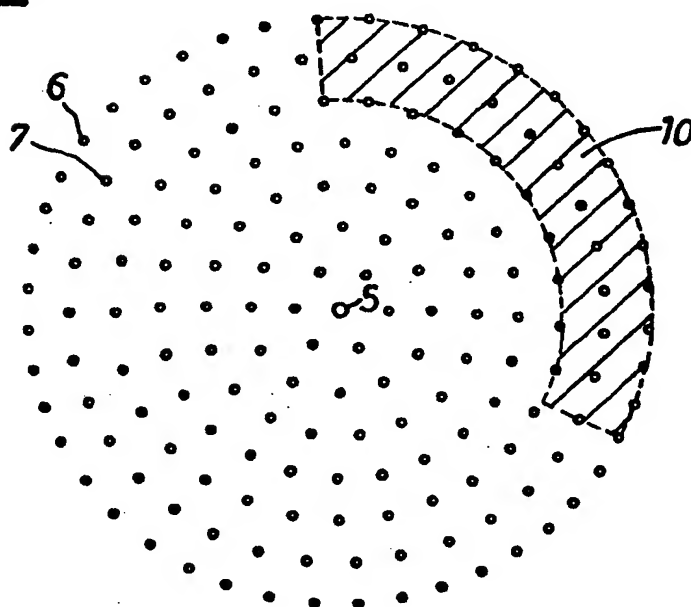


Fig. 3

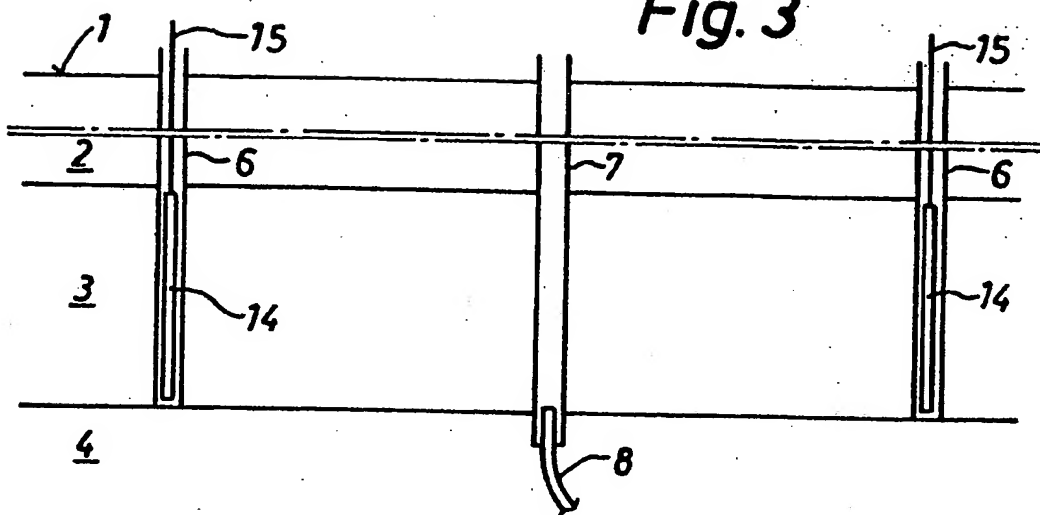


Fig. 4

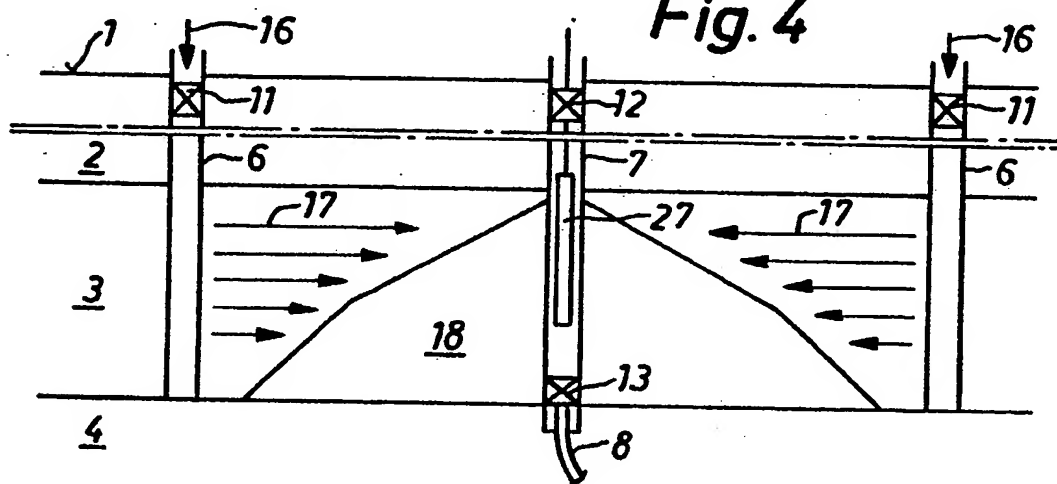


Fig. 5

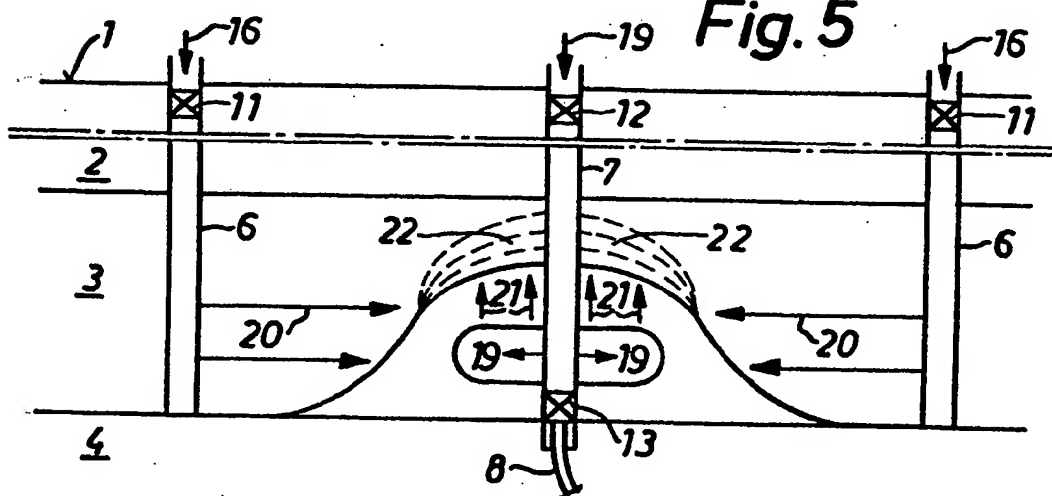


Fig. 6

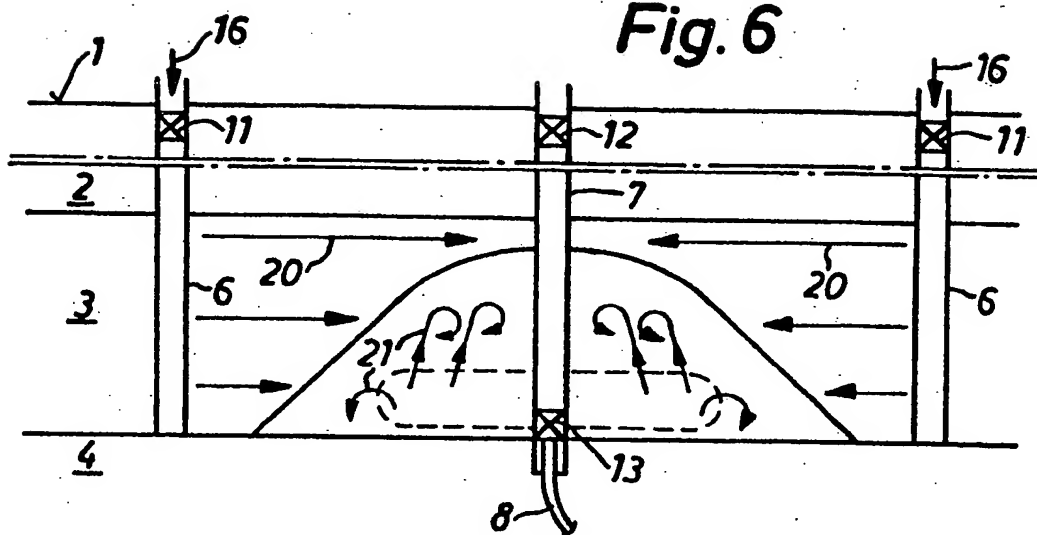


Fig. 7

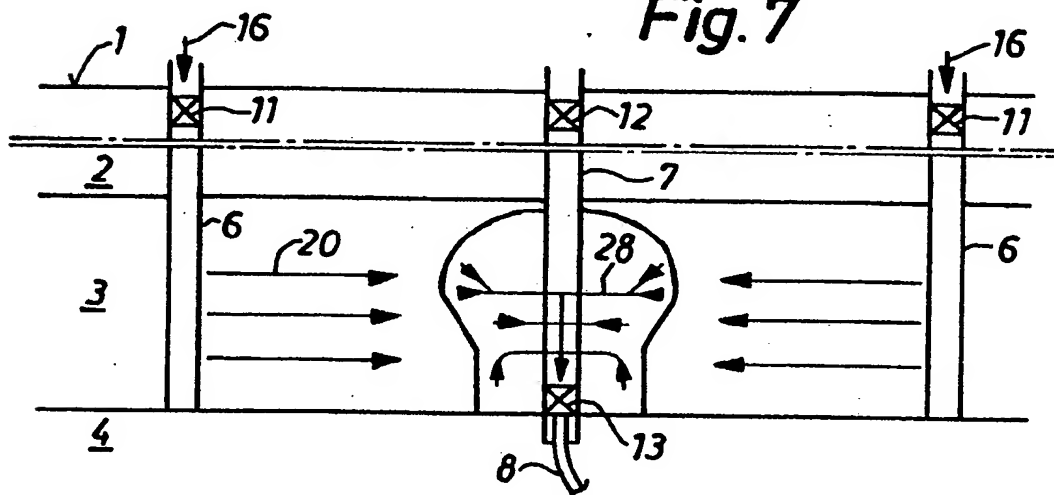


Fig. 8

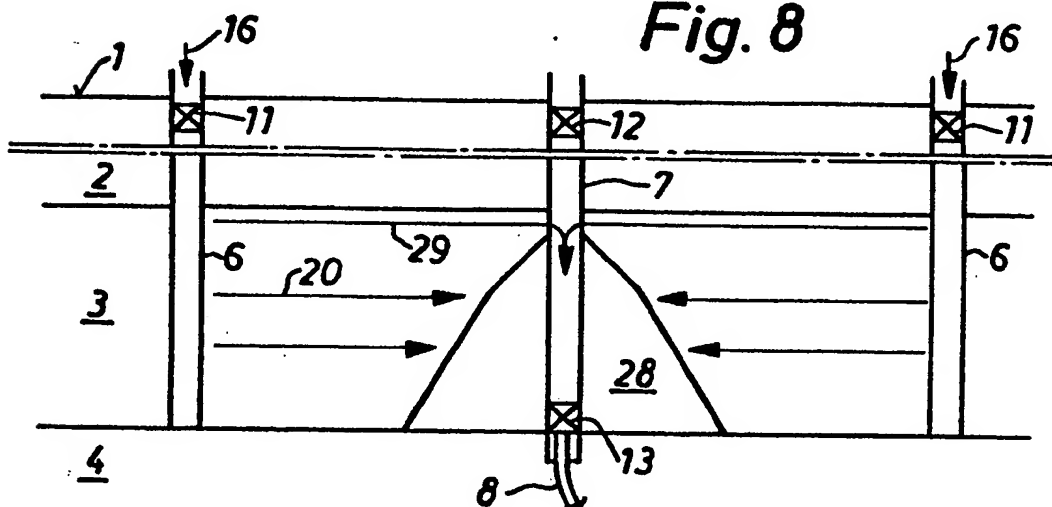


Fig. 9

